

University of Groningen

Studies of physical conditions in H1 regions

Habing, Harm Jan

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1968

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Habing, H. J. (1968). *Studies of physical conditions in H1 regions*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

INLEIDING

EN

KORTE SAMENVATTING

In het heelal is het grootste deel van de materie dicht samengebald in de sterren. Maar een klein deel, een paar procent, is door de gehele ruimte verspreid en vormt het zogenaamde interstellair gas. Dit gas en zijn natuurkundige toestand is het onderwerp van het hier beschreven onderzoek. De dichtheid van het gas varieert van 1 atoom per 5 cm^3 tot 10 atomen per cm^3 , al kunnen plaatselijk veel grotere dichtheden voorkomen. Evenals in de sterrenmaterie behoren ook in het interstellair gas negen van de tien atomen tot het element waterstof, terwijl het tiende een heliumatoom is. Daarnaast worden zeer sporadisch nog andere elementen aangetroffen. In dit proefschrift bijvoorbeeld spelen de concentratie van calcium en van natrium een rol; men schat dat per miljoen waterstofatomen gemiddeld 1 calcium en 2 natriumatomen voorkomen.

Het blijkt van wezenlijk belang te zijn onderscheid te maken tussen die gebieden waar de waterstof neutraal is (H I gebieden) en die waar de waterstof geïoniseerd is (H II gebieden). Ionisatie in H II gebieden geschiedt door ultraviolette straling met een golflengte kleiner dan 912 \AA , die wordt uitgezonden door nabije, hete sterren. H II gebieden worden uitsluitend in de naaste omgeving van zulke sterren aangetroffen, en zijn doorgaans van betrekkelijk kleine omvang. Terwijl veel bekend is over de natuurkunde van de H II gebieden, is de kennis van het veel méér voorkomende H I gas nog maar gering. Door de grote mate van ijlheid en de lage temperaturen (100 tot $500 \text{ }^\circ\text{K}$) zijn de absorptielijnen van het gas vrijwel allemaal gelegen in het ultraviolet en de emissielijnen in het infrarood; in beide gevallen verhindert de aardatmosfeer waarneming van de betrokken straling. Het best kan het H I gas worden onderzocht aan de straling die de koude waterstofatomen uitzenden bij 21 cm golflengte. De informatie die men uit deze waarnemingen krijgt is principieel nogal onvolledig terwijl de interpretatie van de meetgegevens wordt gehinderd door een aantal problemen van praktische aard. Zoals gezegd zijn er behalve waterstof nog twee elementen, die zich vertonen: calcium en natrium. Hun aanwezigheid in de interstellair ruimte kan worden vastgesteld doordat zij absorptielijnen veroorzaken die, bij wijze van uitzondering, in het optische deel van het spectrum liggen. Nader onderzoek van deze lijnen geeft aparte en onafhankelijke informatie over het interstellair gas.

Bij het uitvoeren van het onderhavige onderzoek heeft de gedachte voorop gestaan al de verschillende soorten van informatie te verenigen door lijnen van calcium en natrium te vergelijken met die van waterstof in dezelfde hemelrichting. Voor de eerste twee vermelde lijnen zijn metingen gebruikt verkregen met grote optische telescopen in Californië en reeds lang geleden gepubliceerd. De waterstoflijnmetingen werden daarentegen kortgeleden verricht met de radiotelescoop te Dwingeloo. Aangezien de totale informatie zowel om instrumentele als om theoretische redenen onvolledig is, kan men geen afgeronde, definitieve uitspraken verwachten. Wel is het mijn stellige indruk dat nieuwe optische technieken en de bouw van radiotelescopen als die te Westerbork het mogelijk maken binnen enkele jaren dit onderzoek te herhalen en daarbij verschillende, hier in het proefschrift gestelde, vragen te beantwoorden. Dit is zeker het geval, als zo'n onderzoek wordt gecombineerd met informatie die ons via kunstmanen (ultraviolette waarnemingen) en ballonnen (infrarode waarnemingen) zal gaan bereiken.

Van het onderhavige onderzoek kan de volgende korte samenvatting worden gegeven.

Het eerste artikel bevat een berekening van de energiedichtheid gemiddeld per cm^3 aanwezig als ultraviolette straling. Het is deze straling die de ionisatiesnelheid regelt van alle interstellaire atomen met ionisatiepotentialen kleiner dan die van waterstof; met name dus die van Na^0 , Ca^0 en Ca^+ . Een nieuwe berekening was nodig omdat recente kunstmaanwaarnemingen de onjuistheid bewijzen van de (theoretisch afgeleide) basisgegevens van vroegere berekeningen. De bedoelde waarnemingen hebben betrekking op de hoeveelheid ultraviolet licht uitgestraald door de zogenaamde O en B sterren, en van de verzwakking die dit licht onderweg ondervindt als gevolg van de aanwezigheid van interstellaire rook. Naast nieuwe numerieke gegevens volgt uit dit onderzoek nog dat in 80 à 90 procent van de interstellaire ruimte de gemiddelde stralingsdichtheid niet veel af zal wijken van de ware waarde. Alleen in de nabijheid van de stralingsbronnen kan een aanmerkelijke toename worden verwacht; men is dan echter òf binnen een H II gebied òf er vrij dicht bij.

In het derde artikel worden de optische absorptielijnen van Ca^+ en Na^0 vergeleken met de radio-emissielijn van H^0 op grond van waarnemingen gepubliceerd in het tweede artikel. Het blijkt dat drie klassen spectraallijnen moeten worden onderscheiden:

1°. Spectraallijnen met een kleine Dopplerverschuiving, veroorzaakt door gas met een kleine radiële snelheid; de lijnen worden tegelijkertijd gevonden als Ca^+ lijn en als H^0 lijn; 2°. Spectraallijnen met een doorgaans grotere radiële snelheid; de lijnen worden uitsluitend waargenomen als Ca^+ lijn; 3°. Spectraallijnen met een grote radiële snelheid gevonden als H^0 lijnen en, mits de ster voldoende ver verwijderd is van het melkwegvlak, tevens als Ca^+ lijnen. Helaas zijn er niet voldoende waarnemingen om bij natrium deze driedeling te testen, al duiden de aanwezige gegevens er op dat natriumlijnen van de tweede klasse ook niet bestaan.

Met de eerste klasse correspondeert vermoedelijk het merendeel van het interstellaire gas. De voorkeur wordt gegeven aan een interpretatie waarbij dit gas een groot deel van de ruimte vult, de dichtheid zo'n 2 tot 4 atomen per cm^3 bedraagt en de temperatuur 100 tot 500 °K is. Vergelijkt men de sterkte van de calcium- en de natriumlijnen met die van waterstof dan blijkt dat òf wel de Ca^+ lijnen te zwak zijn en de Na^0 lijnen normaal, òf wel de Na^0 lijnen te sterk en de Ca^+ lijnen normaal. Een keus is hier niet mogelijk zolang de concentratie niet bekend is van de vrije electronen in het H I gas. De vraag doet zich voor: is de waterstof volledig ongeïoniseerd (d.w.z. ionisatiegraad kleiner dan 0.1 promille) en zijn de vrije electronen afkomstig van gemakkelijk ioniseerbare sporenelementen als koolstof, magnesium, silicium, ijzer en zwavel? Of is de waterstof merkbaar geïoniseerd als gevolg van de vermoede, maar nog onbewezen aanwezigheid van laag-energetische kosmische stralen (15 - 100 MeV/nucleon)?

De fysische interpretatie van de tweede klasse is eveneens onzeker. Het kunnen kleine, zeer dichte H I gebieden zijn, maar ook H II gebieden. In een aantal gevallen heeft het gas zijn snelheid gekregen door ionisatieprocessen in dat gas, als gevolg van de nabijheid van de ster in welks spectrum de lijn wordt gezien. Het lijkt echter uitgesloten alle lijnen hiermee te verklaren.

De derde klasse, tenslotte, moet wel een verband hebben met gas dat de laatste jaren in Leiden en in Groningen intensief is bestudeerd met behulp van 21 cm waarnemingen. Bij dat onderzoek was de localisatie van dat gas een groot probleem. Op grond van in dit proefschrift verzamelde gegevens volgt nu voor het eerst een betrouwbare afstandsschatting, welke het gas plaatst op zo'n 1000 pc (3000 lichtjaar) boven het melkwegvlak, daarmee het interessante karakter van dit gas bevestigende.